

УДК 633.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КУКУРУЗЫ (*ZEА MAYS L.*) В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА

С.А.АБДУЛБАГИЕВА  
НИИ Земледелия МСХ Азербайджана

В статье, на основе литературных данных и результатов, полученных в Закатальской ЗОС по программе Селекции Кукурузы, с целью изучения физиологических показателей кукурузы (*Zea Mais L.*) являющейся  $C_4$  растением проанализированы параметры газообмена, содержание хлорофилла листьев, структурные элементы и продуктивность. С этой целью изучена взаимосвязь исследуемых показателей с процессами роста.

**Ключевые слова:** Разновидность, *Zea Mais L.*, фотосинтез, содержание хлорофилла, продуктивность

**Ф**отосинтез- это процесс трансформации поглощенной растением электромагнитной энергии солнечного света в химическую энергию органических соединений. Ежегодно в результате фотосинтеза на Земле образуется около 140-160 млрд. т органического вещества, что соответствует поглощению 250-300 млрд. т  $CO_2$  и выделению 180-200 млрд. т  $O_2$ . В продуктах фотосинтеза ежегодно аккумулируется солнечная энергия, равная  $6 \cdot 10^{17}$  ккал. Запасённая в продуктах фотосинтеза энергия (в виде различного вида топлива) - основной источник энергии для человечества. Кислородная атмосфера Земли и озоновый экран, необходимые для существования биосферы, также созданы фотосинтетической деятельностью зелёных растений (2,6). У  $C_4$  растений (кукуруза, сахарный тростник, сорго и др.)  $CO_2$  сначала включается в четырехуглеродные органические кислоты (яблочную, аспарагиновую), а затем передаётся в цикл Кальвина. В то же время, растения с  $C_4$ -типом фотосинтеза, обладают особым механизмом ассимиляции  $CO_2$ , который обеспечивает намного более эффективное поглощение и превращение  $CO_2$  в процессе фотосинтеза.

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию  $C_4$ -растений.  $C_4$ -виды характеризуются высокой скоростью накопления биомассы и большей эффективностью использования воды по сравнению с  $C_3$ -растениями (8). Преимущества  $C_4$ -растений в засушливых условиях в значительной степени обусловлены особенностями механизма фиксации  $CO_2$  при фотосинтезе. Даже в условиях засухи при низкой проводимости листа по  $CO_2/H_2O$ -газообмену в результате работы  $C_4$ -цикла значительно

повышаются концентрации  $CO_2$  в клетках обкладки, где осуществляется фотосинтетическое связывание  $CO_2$ . Это обеспечивает высокую скорость ассимиляции углерода в условиях засухи, когда при закрытии устьиц снижается поступление  $CO_2$  в лист. Дефицит влаги по-разному влияет на конечную продуктивность кукурузы на разных стадиях развития. Известно, что кукуруза наиболее чувствительна к засухе на стадии колошения (8,11,12). У генотипов кукурузы, различающихся по устойчивости к засухе, разная реакция на водный стресс проявлялась уже на стадии вегетативного роста (9).

Оптимальная температура для фотосинтеза у  $C_3$ -растений 20-25°C, тогда как у растений  $C_4$  30-45°C. Характерным признаком растений  $C_4$ -пути является, то, что образование продуктов цикла Кальвина происходит в хлоропластах, расположенных непосредственно около проводящих пучков. Это благоприятствует оттоку ассимилятов и повышению интенсивности фотосинтеза. Высокая потенциальная продуктивность  $C_4$ -растений наиболее полно реализуется при полном солнечном освещении и высокой температуре. Зависимость между фотосинтезом посевов и урожаем разработана в теории фотосинтетической продуктивности растений (4), предусматривающей пути увеличения коэффициента использования ФАР от 0,3-1,0% в современном земледелии до теоретически возможных 4-6%. Одной из причин высокой эффективности ассимиляции  $CO_2$   $C_4$ -растениями является отсутствие видимого фотодоыхания, т.е. выделения  $CO_2$  после предварительного освещения растений, которое характерно только для листьев  $C_3$ -растений и не регистрируется или

регистрируется очень слабо и в очень редких случаях у листьев  $C_4$ -растений (6, 7, 9).

Для  $C_3$ - и  $C_4$ -растений также характерна фотосинтетическая активность других органов (колос, ости колоса, обертки листа, стебель, стручок у зернобобовых, зеленые развивающиеся семена, метелка, обертки початка), вносящих достаточно большой вклад в общую продуктивность как  $C_3$ -, так и  $C_4$ -растений (1, 5, 6, 10).

### Методы и объекты исследования

Полевые опыты проводились в Парзиванской опытной базе Закаталинской ЗОС в 2015-2018 годах. Фенологические наблюдения были проведены по методу Купермана (3). Для измерения параметров газообмена (интенсивность фотосинтеза, устьичная проводимость, концентрация  $CO_2$  межклеточных пространствах и интенсивность транспирации) была применена современная модель (LI-6400 XT) портативной системы фотосинтеза (LI-COR Biosciences, США), количество хлорофилла у листьев (продолжительность оставания зеленым) было измерено с использованием прибора CCM 200 plus (Opti Sciencen, Inc.Hudson, США). Урожайность вычисляли по выходу зерна с початка. Объектом исследования выбраны 10 генотипов  $C_4$ -растений (*Zea mays* L.) относящиеся к разновидностям *Indendata Flavoruba*, *Indurata Vulqata* и *Indendata Leykodon*.

Целью исследования являлась изучение физиологических показателей растений кукурузы.

### Результаты и обсуждения

В проведенных исследованиях в фазе образования метелки измерили параметры газообмена (интенсивность фотосинтеза, устьичная проводимость, концентрация  $CO_2$  межклеточных пространствах и интенсивность транспирации) Закатала 68, Закатала 380, Закатала 420, Закатала 514, Закатальская Местная Улучшенная, Мирвари, Гурур, Умуд, Фахри и Популяция 2008 Н. Выявлено что, максимальная величина интенсивности фотосинтеза ( $\mu mol CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ) обнаружено у сортов Фахри ( $27,9 \mu mol CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ) и Умуд ( $26,8 \mu mol CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ) (таб. 1). У других изученных сортов этот показатель изменяется в интервале  $23,2-26,0 \mu mol CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ , а у сорта Фахри по сравнению с другими сортами этот показатель выше на 3,95-16,8%.

$C_4$ -растения отличаются более экономным расходом воды, если  $C_3$ -растения расходуют на образование 1 г сухого вещества 700-1000 г воды, этот показатель у  $C_4$ -растений составляет 300-400 г. Главной причиной

пониженного расхода воды  $C_4$ -растениями является то, что их устьица оказывают высокое сопротивление диффузии газов. При увядании листьев и закрытии устьиц это сопротивление многократно возрастает для паров воды и в меньшей степени для  $CO_2$ . Низкая величина сопротивления диффузии клеток мезофилла для  $CO_2$  у  $C_4$ -растений при более высоком сопротивлении устьиц для  $H_2O$  благоприятствует

Таблица 1

Показатели газообмена сортов кукурузы

Название сортов	Интенсивность фотосинтеза, $\mu mol CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$	Устьичная проводимость, $mol H_2O \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$	Концентрация $CO_2$ в межклеточных пространствах, $\mu mol CO_2 \cdot mol^{-1}$	Интенсивность транспирации, $mmol H_2O \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$
Закатала 68	24,4	0,198	232	2,278
Закатала 380	23,2	0,179	177	2,415
Закатала 420	23,6	0,194	222	2,819
Закатала 514	25,2	0,219	185	2,613
Закатальская местная улучшенная	24,3	0,236	194	3,321
Мирвари	26,0	0,235	127	2,339
Гурур	25,7	0,224	180	2,352
Умуд	26,8	0,239	176	2,896
Фахри	27,9	0,251	183	2,723
Популяция 2008 Н	25,9	0,228	175	2,349

повышению интенсивности фотосинтеза при пониженной транспирации. С этой точки зрения  $C_4$ -растения имеют преимущество перед  $C_3$ -растениями в засушливых местах обитания благодаря высокой интенсивности фотосинтеза даже при закрытых устьицах. Кроме того, им практически не угрожает опасность перегрева листьев, что связано с высокой термоустойчивостью.

Устьицы играют важную роль в жизни растения. Множество устьиц в листьях (100-200 миллионов в одном растении) обеспечивают благоприятное условие для газообмена. Устьичная проводимость у исследуемых сортов кукурузы Фахри и Умуд (соответственно, 0,251 и  $0,239 mol H_2O \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ) более высокая по сравнению с другими сортами.

Концентрация  $CO_2$  в межклеточных пространствах у исследуемых сортов Закатала 420 и Закатала 68, у которых интенсивность фотосинтеза более высокое - ( $24,4$  и  $23,6 \mu mol CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ), составила, соответственно 232 и  $222 \mu mol CO_2 \cdot mol^{-1}$ .

Для  $C_4$ -растений характерно более экономное использование воды. Соответственно,

интенсивность транспирации, у исследуемых сортов, изменяется в интервале 2,278-3,321  $\text{molH}_2\text{Om}^{-2} \text{ s}^{-1}$  и этот показатель у сортов Закатальская Местная Улучшенная (3,321  $\text{molH}_2\text{Om}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), Умуд (2,896  $\text{molH}_2\text{Om}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) и Закатала 420 (2,819  $\text{molH}_2\text{Om}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) более высокая.

измерено количество хлорофилла у листьев (продолжительность оставания зеленым) кукурузы. Максимальное значение, по этому показателю, выявлено во второй декаде июля у сортов Умуд, Фахри, Закатала 420 и Закатала 68, соответственно 52,8; 48,9; 47,6 и 43,5 (рис.1).

В период уборки у сортов кукурузы определены продуктивность и структурные элементы, после сушки проведены структурные анализы. По продолжительности вегетационного периода, за исключением сорта Закатальская Местная Улучшенная (120 дней), исследуемые сорта были ранне- среднеспелыми (96-110дней).

Изученные показатели менялись в пределах: высота растений 229–311см, высота закладывания початка 82,0–150 см, число листьев в фазе созревания 12,0-16,0 штук.

Биоморфологические показатели, показатели продуктивности и результаты структурных анализов сортов кукурузы даны в таблице 2.

У образцов после сушки длина початка составила 22,0-28,0 см, число рядков на початке 16,0-18,0 штук, число зерен в каждом рядке 45,0-53,0 штук, выход зерна с початка при обмолоте 78,0-84,0 %.

Таблица 2

Биометрические показатели, продуктивность и структурные элементы урожая сортов кукурузы

Название сортов	Вегетационный период, день	Высота растения, см	Высота закладывания початка, см	Число листьев в фазе созревания, штук	Длина початка, см	Число рядков на початке, штук	Число зерен в каждом рядке, штук	Выход зерна, %	Масса 1000 зерен, г	Продуктивность, ц/га
Закатала 68	110	281	113	15,0	23,3	18,0	52,0±0,17	82,7	350±0,48	53,8±0,27
Закатала 380	108	290	84,0	16,0	23,8	18,0	53,0±0,24	80,5	331±0,20	52,9±0,41
Закатала 420	106	239	82,0	14,0	24,0	18,0	48,0±0,48	80,8	322±0,58	53,2±0,37
Закатала 514	110	311	98,0	16,0	22,6	16,0	46,0±0,34	82,0	351±0,17	51,0±0,51
Закатальская местная улучшенная	120	294	150	16,0	24,0	17,0	51,0±0,44	78,0	358±0,37	51,3±0,68
Гурур	105	247	93,0	14,0	23,3	16,0	49,0±0,48	81,2	348±0,34	50,6±0,27
Умуд	105	232	92,0	13,0	22,0	16,0	48,0±0,20	83,1	339±0,24	53,7±0,48
Фахри	105	229	83,0	13,0	22,7	17,0	46,0±0,24	83,8	343±0,65	56,9±0,61
Эмиль	104	260	96,0	13,0	28,0	16,0	50,0±0,17	84,0	368±0,44	58,5±0,48
Мирвари 18	106	250	95,0	12,0	27,0	18,0	50,0±0,37	85,0	338±0,48	57,8±0,20
Популяция 2008 Н	106	239	82,0	14,0	24,0	18,0	45,0±0,34	80,8	352±0,30	53,2±0,24

зерен изменяется в интервале 322-375 г, а продуктивность 49,8 – 58,5 ц/га.

Линейная зависимость между продуктивностью и структурными элементами урожая сортов кукурузы анализированы программой SPSS 16.0 (таблица 3).

Обнаружена положительная, значимая зависимость между высотой растения и вегетационным периодом, высотой закладывания початка и вегетационным периодом, числом листьев в фазе созревания, вегетационным периодом и высотой растения, выходом зерна и числом листьев в фазе созревания.

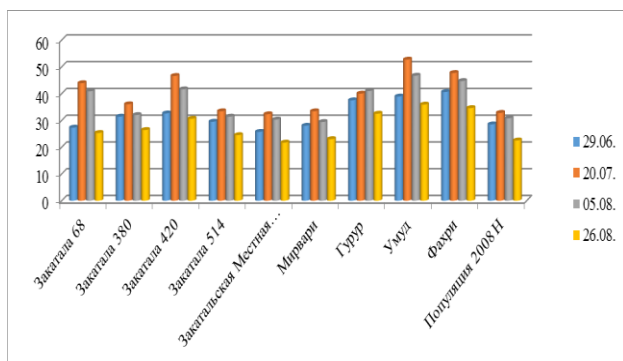


Рис. 1. Количество хлорофилла в листьях кукурузы

Таким образом, в результате исследования выявлено, что интенсивность фотосинтеза у изученных сортов более высокая, несмотря на слабую транспирацию, в результате чего коэффициент использования воды более высокий. Интенсивность фотосинтеза, у исследуемых сортов, изменялась в интервале 23,2-27,9  $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , между интенсивностью фотосинтеза и интенсивностью транспирации

обнаружена прямая, а с устойчивой проводимостью обратная связь. В результате проведенных исследований были районированы сорта кукурузы Гурур и Умуд, а сорта Фахри, Емил и Мирвари 18 представлены в Государственную службу по Регистрации Сортос Растений и по Контролю Семян при Министерстве Сельского Хозяйства Азербайджанской Республики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балаур Н.С., Копыт М.И. Онтогенетическая адаптация энергообмена растений. Кишинев: Штиинца, 1989. 146 с.
2. Клейтон Р. Фотосинтез, пер. с англ., М., 1984.
3. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений. Учеб. пособие для студентов биол. спец. ун-тов, 4-е изд. Перевып., идоп. М., выс. Шк., 1984.
4. Физиология фотосинтеза. Под ред. А. А. Ничипоровича, М., 1982.
5. Физиология пшеницы // Физиология сельскохозяйственных растений. Т.4/ Под ред. Генкеля П.А. Москва: изд-во МГУ, 1969. 555 с.
6. Эдвардс Дж., Уокер Д. Фотосинтез  $\text{C}_3$ - и  $\text{C}_4$ - растений: механизмы и регуляция. Москва: Мир, 1986. 590с.
7. Чиков В.Н. Фотодыхание // Сорос. образов. журн. 1996. № 11. С. 2–8.
8. Lopes M.S., Araus J.L., van Heerden P.D.R., Foyer C.H. Enhancing drought tolerance in  $\text{C}_4$  crops // J. Exp. Bot. 2011. V. 62. P. 3135–3153.
9. Martinelli T., Whittaker A., Masclaux-Daubresse C., Farrant J.M., Brilli F., Loreto F., Vazzana C. Evidence for the Presence of Photorespiration in Desiccation-Sensitive Leaves of the  $\text{C}_4$  “Resurrection”. *Sporobolus Stapfianus* during Dehydration Stress // J. Exp. Bot. 2007. V. 58. P. 3929–3939.
10. Martinez D.E., Luquez V.M., Bartoli C.G., Guamet J.J. Persistence of Photosynthetic Components and Photochemical Efficiency in Ears of Water-Stressed Wheat (*T. aestivum*) // *Physiol. Plant.* 2003. V. 119. P. 519–525.
11. Saccardy K., Cornic G., Brulfert J., Reyss A. Effect of drought stress on net  $\text{CO}_2$  uptake by *Zea* leaves // *Planta.* 1996. V. 199. P. 589–595.
12. Sicher R.C., Barnaby J.J. Impact of carbon dioxide enrichment on the responses of maize leaf transcripts and metabolites to water stress // *Physiol. Plant.* 2012. V. 144. P. 238–253.

### Qarğıdalının (*zea mays L.*) fizioloji göstəricilərinin Azərbaycan şəraitində tədqiqi

S.A.Abdulbaqiyeva

Məqalədə ədəbiyyat məlumatlarına və Zaqatala BTS-də Qarğıdalı Proqramı üzrə aparılmış tədqiqatların nəticələrinə əsasən  $\text{C}_4$  bitkisi olan qarğıdalının (*Zea Mays L.*) fizioloji göstəricilərinin öyrənilməsi məqsədi ilə qaz mübadiləsi, yarpaqlarda xlorofilin miqdarı, məhsulun struktur elementləri və məhsuldarlıq göstəriciləri araşdırılmışdır. Məqsədə nail olmaq üçün tədqiq edilən bu göstəricilərlə böyümə prosesləri arasındakı qarşılıqlı əlaqə öyrənilmişdir.

**Açar sözlər:** növmüxtəlifliyi, *Zea Mays L.*, fotosintez, xlorofilin miqdarı, məhsuldarlıq

### Investigation the physiological parameters of maize (*zea mays L.*) in Azerbaijan conditions

S.A.Abdulbagiyeva

Таблица 3  
Корреляция между биометрическими показателями, продуктивностью и структурными элементами урожая сортов кукурузы

	ВП	ВР	ВЗП	ЧЛ	ДП	ЧРП	ЧЗР	ВЗ	МЗ1000	П
ВП	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ВР	0,660*	1	-	-	-	-	-	-	-	-
ВЗП	0,861**	0,544	1	-	-	-	-	-	-	-
ЧЛ	0,822**	0,866**	0,543	1	-	-	-	-	-	-
ДП	-0,236	-0,014	-0,010	0,284	1	-	-	-	-	-
ЧРП	-0,089	-0,078	-0,155	0,062	0,021	1	-	-	-	-
ЧЗР	0,046	0,335	0,268	0,152	0,327	0,306	1	-	-	-
ВЗ	-0,693*	-0,415	-0,603*	0,678*	0,162	-0,258	-0,149	1	-	-
МЗ1000	0,413	0,531	0,420	0,326	0,190	-0,600	-0,275	0,049	1	-
П	-0,076	-0,264	-0,152	-0,294	0,392	-0,164	-0,182	0,535	0,168	1

On the basis of literature data and results obtained at Zakataly RES on Maize Breeding Programm for compare of studying physiological parameters of  $\text{C}_4$  plants (*Zea Mays L.*) gas exchange parameters, chlorophyll content in leaves, yield structural elements and productivity were analyzed. To achieve this goal the relationship between studied indicators and growth processes were studied.

**Key words:** Variety, *Zea Mays L.*, photosynthesis, chlorophyll content, productivity